

令和 3 年 5 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06413

研究課題名（和文）総括班

研究課題名（英文）Steering Group

研究代表者

藤岡 洋（FUJIOKA, Hiroshi）

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：50282570

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 58,800,000円

研究成果の概要（和文）：本領域では、特異構造を意図的に導入した結晶の物性を詳細に解析し、理解することで、非完全性と完全性が共存する特異構造の結晶科学（拡張された結晶学）を構築することを目指しました。さらに、これを積極的に利用することで現在のエレクトロニクス技術を超える特異構造を活用した新機能エレクトロニクスの実証を行いました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本領域では、不完全な特異領域を減らせば、結晶の物性が良くなり、作製されるデバイスの性能も向上する、というこれまでの常識を打ち破り、特異領域を制御して積極的に結晶に導入することによって新たな付加価値を創成することを提案し実証した。具体的には、LEDや高周波パワーデバイスなど次世代グリーンテクノロジー基盤として高い潜在能力を持つ窒化物半導体結晶を主な研究対象とすることで、従来の照明、通信、情報処理、電力制御応用に加え、創エネルギー、農学、医学、薬学、合成化学など様々な分野へ波及効果を及ぼす研究成果が得られた。

研究成果の概要（英文）：We aimed to construct extended crystallography in which imperfection and perfection of matters coexist through understanding the physical properties of crystals in which singularity structures are intentionally introduced. In addition, with this technology, we have demonstrated novel electronic devices based on singularity structures.

研究分野：理工系 / 無機工業材料 / 無機工業化学 / 機能材料・デバイス

キーワード：結晶工学 特異構造

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

単結晶は半導体エレクトロニクスや磁性素子、光学結晶など多種多様な分野におけるキーマテリアルとして今日の情報社会の重要な礎となっている。この単結晶材料とは原子が一定の規則を持って周期的に整列したもので、その構造の完全性が有用な物性を得るために極めて重要と考えられてきた。実際に Si や GaAs などの半導体結晶の場合、不純物や欠陥の極めて少ない大口径結晶の作製が実現され、半導体デバイスが作製されている。しかしながら、完全結晶のみに基盤をおくエレクトロニクスには、微細化技術の停滞とともに限界が顕在化している。

これまで周期性を乱す特異領域は排除すべき異物(欠陥)として捉えられてきた。一方で、この欠陥は完全結晶には見られない興味深い物性を示すことも近年明らかになってきた。ゆえに、我々は結晶中の構造の乱れ(特異領域)を排除するのではなく、完全性を乱す領域を意図的に導入した結晶を積極的に利用するという着想を得た。

結晶学は、Si や GaAs などの半導体や LiTaO₃ や水晶などの酸化物といった単結晶の成長と応用を対象とする広範な学問分野であるが、結晶の周期性を乱す特異構造は取り除かれるべきネガティブなものとして、その除去方法のみが熱心に研究されてきた。実際、研究開始当初までに特異領域が結晶物性に与える影響をポジティブに捉え積極的に利用しようという研究は殆ど見られなかった。

2. 研究の目的

本領域の目的は、特異構造を意図的に導入した結晶の物性を詳細に解析し、理解することにより、非完全性と完全性が共存する特異構造の結晶科学(拡張された結晶学)を構築することである。さらに、これを積極的に利用することで現在のエレクトロニクス技術を超える特異構造を活用した新機能エレクトロニクスを創出する。具体的には、LED や高周波パワーデバイスなど次世代グリーンテクノロジー基盤として高い潜在能力を持つ窒化物半導体結晶を主な研究対象として、従来の照明、通信、情報処理、電力制御応用に加え、創エネルギー、農学、医学、薬学、合成化学など様々な分野へ波及効果を及ぼす結晶科学と工学を創出する。

3. 研究の方法

電子工学、反応化学、理論固体物理、実験物性物理、材料工学など多彩な分野の研究者を4つのグループに分け、お互いが緊密な連携をとりながら拡張結晶学の開拓と構築、新規エレクトロニクスの展開を目指す。A01 および A02 では特異構造作製を行い、特に A01 は結晶成長を中心に、A02 ではプロセス技術を中心に展開する。B01 は結晶の構造評価を B02 は物性評価を担当し、評価結果を A01・A02 にフィードバックするとともに、特異構造により発現される機能を見出し、新規の学術分野を開拓する。また、構造作製やデバイス開発の指針を A01・A02 に提供する。特に、波及効果の大きい応用分野として、紫外光を用いた皮膚治療などの医療やバイオニクス分野、太陽電池などの環境調和分野が挙げられ、研究期間内でのこれらのデバイスとしての実証を行う。

総括班は、計画研究と補完的かつ新たな展開を促進する公募研究の設定と選定、研究資源の整備・技術の共有化・共同研究プラットフォームの調整、異分野融合型の若手人材育成を行う。総括班代表は、それらを統括すると共に各研究項目の計画研究間、計画研究と公募研究間の調整を行い、相互情報交換を通じて円滑な運営を行う。学術分野を深化させるため、当該分野を専門とする評価班により評価と助言を受けるが、応用分野からもグローバルな視点で研究成果の評価と助言を受け、それらをフィードバックする研究体制を構築する。特に、研究の進捗を把握すると共に、萌芽的成果を領域研究者で共有し、大きく発展させるための連絡会を定期的を開催する。また、研究成果を公開し、積極的に活用を図るため、総括班主催による定例のシンポジウムまたは研究会を企画・開催する。さらに、研究の進展状況、世界の本分野の研究動向に応じて、より特化した内容に関する不定期の研究会や国際会議を組織する。

4. 研究成果

(総括班会議)

総括班では本領域の目的を達成するために、総括班会議を16回開催し、領域の円滑な運営に努めた。

(領域全体会議)

領域研究者を集めた領域全体会議を9回開催し、各研究グループ間における相互理解を促進させた。

(シンポジウム開催)

応用物理学会学術講演会において特異構造結晶に関するシンポジウムを8回開催し、各回300名近い聴講者が集まった。

(広報活動)

領域ホームページ(<http://tokui.org>)を開設し、ニュースレター(計16回発行)原著論文、領域研究者の受賞報告、研究成果のメディア報道などを掲載し、領域のアクティビティを発信した。また、連絡会の実施概要を報告できるシステムをホームページ上に構築し、共同研究活動をサポートした。

(会議主催等)

[主催]紫外材料およびデバイスに関する国際ワークショップ(IWUMD2017)

同時に理科教室「ひかりのかがく」を開催し、本領域に関する研究を分かりやすい形で小学生らに説明した。

[主催]窒化物半導体国際ワークショップ(IWN2018)

窒化物半導体研究における著名な講師を海外から招聘し、若手研究者や技術者、学生を対象として講義を開催した。

[共催]The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019)

[協賛]日本結晶成長学会 ナノ構造・エピタキシャル成長分科会「2019年講演会第11回 ナノ構造・エピタキシャル成長講演会」

[協賛]2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2019)

[主催]オンライン国際ワークショップ Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity

国外から18名の研究者を招待し、特異構造に関する深い議論をおこなった。

[共催]The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-8)

特異構造結晶に関する特別セッションを開催した。

(若手育成・共同研究プラットフォーム)

国内の若手研究者の頭脳循環を目的とした共同研究プラットフォーム事業を推進した。国内の複数大学・研究機関を装置の共同利用が可能な仕組みを構築し、研究者受入れ体制を構築し、領域内外での共同研究を推進した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤岡 洋
2. 発表標題 イントロダクトリートーク：窒化物半導体特異構造の科学
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤岡 洋
2. 発表標題 イントロダクトリートーク：窒化物半導体特異構造の科学
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

特異構造の結晶科学 http://tokui.org/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	酒井 朗 (SAKAI Akira) (20314031)	大阪大学・基礎工学研究科・教授 (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	川上 養一 (KAWAKAMI Yoichi) (30214604)	京都大学・工学研究科・教授 (14301)	削除:2020年9月18日
研究分担者	小出 康夫 (KOIDE Yasuo) (70195650)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・グループリーダー (82108)	
研究分担者	三宅 秀人 (MIYAKE Hideto) (70209881)	三重大学・地域イノベーション学研究所・教授 (14101)	
研究分担者	橋詰 保 (HASHIZUME Tamotsu) (80149898)	北海道大学・量子集積エレクトロニクス研究センター・特任教授 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計3件

国際研究集会 The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-8)	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 International Workshop on Nitride Semiconductors 2018	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 International Workshop on UV Materials and Devices 2017	開催年 2017年～2017年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------